

RECONSTRUCTING METHOD AND DISPLAY METHOD FOR THREE-DIMENSIONAL MODEL

Patent Number: JP3138784
Publication date: 1991-06-13
Inventor(s): MIYAOKA SHINICHIRO; others: 02
Applicant(s): HITACHI LTD
Requested Patent: ☐ JP3138784
Application Number: JP19890278006 19891025
Priority Number(s):
IPC Classification: G06F15/72
EC Classification:
Equivalents: JP2832463B2

Abstract

PURPOSE: To obtain a three-dimensional mode of high quality which can be used for presentation by reconstituting the three-dimensional model of an object in a pertinent picture and generating and displaying a projection picture of the object viewed from the visual point.

CONSTITUTION: A three-dimensional generic model 700 is preliminarily generated, and correspondence of apexes of the like is taken between the object in an input picture and the three-dimensional generic model 700, and relations of transmission conversion are used to correct the three-dimensional generic model 700, and a three-dimensional mode 701 precisely expressing the object is obtained. The reconstituted three-dimensional model 701 is subjected to transmission conversion determined by the designated visual point direction to obtain a projection picture corresponding to the visual point direction. The texture of the object in the input picture is extracted and is mapped on the surface of the three-dimensional model 701 to obtain a realistic projection picture having shades and patterns. Thus, the three-dimensional mode of high quality which can be used for presentation is obtained.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-138784

⑪ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)6月13日

G 06 F 15/72

4 5 0 A

7165-5B

審査請求 未請求 請求項の数 10 (全11頁)

⑭ 発明の名称 3次元モデルの再構成方法および表示方法

⑮ 特 願 平1-278006

⑯ 出 願 平1(1989)10月25日

⑰ 発 明 者 宮 岡 伸 一 郎 神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

⑱ 発 明 者 能 見 誠 神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

⑲ 発 明 者 加 藤 誠 神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所システム開発研究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 有近 紳志郎

明 細 書

1. 発明の名称

3次元モデルの再構成方法および表示方法

2. 特許請求の範囲

1. 画像入力装置から入力された少なくとも1枚の画像から該画像中の対象物体の3次元形状を記述する3次元モデルを再構成する3次元モデル再構成ステップと、視点方向の入力指示に従い前記再構成した3次元モデルを該視点方向から見たときの投影画像を作成する投影画像作成ステップと、前記作成した投影画像を画像出力装置にて表示する投影画像表示ステップとを有することを特徴とする3次元モデルの表示方法。
2. 3次元モデル再構成ステップが、既知物体の概略形状を表わす3次元ジェネリックモデルを先験的知識に基づき作成して記憶装置に保持し、入力画像中の対象物体とそれに対応する前記既知物体の3次元ジェネリックモデルの間で頂点等の幾何学的特徴点の対応付け

を行うことにより前記対象物体の3次元モデルを再構成する請求項1の3次元モデルの表示方法。

3. 既知物体の概略形状を表わす3次元ジェネリックモデルを先験的知識に基づき作成して記憶装置に保持し、入力画像中の対象物体とそれに対応する前記既知物体の3次元ジェネリックモデルの間で頂点等の幾何学的特徴点の対応付けを行うことにより前記対象物体の3次元モデルを再構成することを特徴とする3次元モデルの再構成方法。
4. 入力画像と3次元ジェネリックモデルの投影画像とを画像出力装置に並べて又は重ね合わせて表示し、対応する頂点等を入力装置を用いて指示することにより、入力画像中の対象物体とそれに対応する3次元ジェネリックモデルの間で頂点等の対応付けを行なうことを特徴とする請求項2または請求項3の方法。
5. 再構成した3次元モデルの投影画像を画像出力装置に表示し、該投影画像に対し形状修

正指示を行い、この修正指示に基づき、透視変換の性質および物体形状に関する先験的知識を利用して、3次元モデルの修正を行うことを特徴とする請求項1から請求項4のいずれかの方法。

6. 入力画像中の対象物体の1つ以上の頂点座標から目的関数を構成し、物体形状に関する先験的知識から制約条件を構成して、該制約条件の下で前記目的関数を最小化することにより、3次元モデルの再構成を行うことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれかの方法。

7. 入力画像から対象物体のテクスチャを抽出し、該テクスチャを、入力画像から再構成した3次元モデルの表面にマッピングし、テクスチャを有する3次元モデルを再構成することを特徴とする請求項1から請求項6のいずれかの方法。

8. 複数枚の入力画像から対象物体のテクスチャを抽出し、それらのテクスチャを物体表面

例えば「直交性仮説による多面体の3次元形状復元(電子情報通信学会論文誌Vol. J72-D-II No.6 pp.887-895)」において、1枚の画像から3次元形状を復元する技術が論じられている。

コンピュータ・ビジョンは、物体や環境の視覚認識を行うことに主眼があり、空間監視装置やロボット等への応用に力点が置かれている。

一方、3次元モデルの表示については、コンピュータグラフィックスの技術がある。

例えば「3次元コンピュータグラフィックス(中前、西田共著 昭晃堂)」において、3次元モデルを表示する種々の技術が解説されている。

コンピュータグラフィックスは、プレゼンテーションを目的とした技術であり、シミュレーションやCAD等に応用されている。

[発明が解決しようとする課題]

上記従来技術のうち、コンピュータ・ビジョンでは、再構成した3次元モデルから任意視点方向から見たときの投影画像を生成して、これをプレ

上での位置の対応を取りながら合成し、入力画像から再構成した3次元モデルの表面にマッピングして、テクスチャを有する3次元モデルを再構成することを特徴とする請求項1から請求項7のいずれかの方法。

9. 入力画像として、実世界の情景等の自然画像を用いる請求項1から請求項8のいずれかの方法。

10. 入力画像として、スケッチ、コンピュータグラフィックス等の人工画像を用いる請求項1から請求項8のいずれかの方法。

発明の詳細な説明
3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、3次元モデルの再構成方法および表示方法に関し、特に、商品紹介等のプレゼンテーション、新商品企画等における意匠デザイン、景観シミュレーション等において有用である。

[従来の技術]

画像情報からの3次元モデルの再構成については、コンピュータ・ビジョンの技術がある。

プレゼンテーションに利用するといった面からの検討がなされていない。

このため、任意視点から見たときの投影画像を写実的に生成するには、再構成した3次元モデルの表現形式、精度、属性情報等の点において不十分なものである。

一方、コンピュータグラフィックスでは、3次元モデルの構築のためのデータの入力を人間が行っている。

しかし、人間が人力できるデータには限界があり、写実的な画像を表示することは困難である。

また、模様となる画像を3次元モデルに張り付けるテクスチャマッピングの技術により3次元モデルの表面の模様を表現しているが、その模様となる画像は別個に入力しなければならず、煩雑である。

そこで、本発明は、対象物体の画像から、プレゼンテーションに利用可能な高品質の3次元モデルを再構成する方法を提供することを目的とする。また、その3次元モデルに基づいて、任意方向か

ら見た写実的な画像を表示する方法を提供することを目的とする。また、対象物体の画像から模様となる画像を抽出してテクスチャマッピングを行ない、写実的な画像を表示する方法を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

第1の観点では、本発明は、画像入力装置から入力された少なくとも1枚の画像から該画像中の対象物体の3次元形状を記述する3次元モデルを再構成する3次元モデル再構成ステップと、視点方向の入力指示に従い前記再構成した3次元モデルを該視点方向から見たときの投影画像を作成する投影画像作成ステップと、前記作成した投影画像を画像出力装置にて表示する投影画像表示ステップとを有することを特徴とする3次元モデルの表示方法を提供する。

第2の観点では、本発明は、既知物体の概略形状を表わす3次元ジェネリックモデルを先験的知識に基づき作成して記憶装置に保持し、入力画像中の対象物体とそれに対応する前記既知物体の3

来る。

また、入力画像から対象物体のテクスチャを抽出し、該テクスチャを、入力画像から再構成した3次元モデルの表面にマッピングし、テクスチャを有する3次元モデルを再構成することが出来る。

その際、複数枚の入力画像から対象物体のテクスチャを抽出し、それらのテクスチャを物体表面上での位置の対応を取りながら合成し、入力画像から再構成した3次元モデルの表面にマッピングするのが好ましい。

入力画像としては、実世界の情景等の自然画像を用いることが出来る。また、スケッチ、コンピュータグラフィックス等の人工画像を用いることが出来る。

〔作用〕

本発明では、透視変換の性質および物体形状に関する先験的知識（頂点の接続関係、稜線の直交性、平行性等）を利用して、入力画像中の対象物体の2次元形状から該対象物体の3次元形状を再構成する。

次元ジェネリックモデルの間で頂点等の幾何学的特徴点の対応付けを行うことにより前記対象物体の3次元モデルを再構成することを特徴とする3次元モデルの再構成方法を提供する。

入力画像中の対象物体とそれに対応する3次元ジェネリックモデルの間での頂点等の対応付けは、入力画像と3次元ジェネリックモデルの投影画像とを画像出力装置に並べて又は重ね合わせて表示し、対応する頂点等を入力装置を用いて指示することにより行なうことが出来る。

再構成した3次元モデルは、その投影画像を画像出力装置に表示し、該投影画像に対し形状修正指示を行い、その修正指示に基づき、透視変換の性質および物体形状に関する先験的知識を利用して、修正することが出来る。

3次元モデルの再構成は、入力画像中の対象物体の1つ以上の頂点座標から目的関数を構成し、物体形状に関する先験的知識から制約条件を構成して、該制約条件の下で前記目的関数を最小化する3次元モデルを求めることにより行うことが出来る。

例えば、先験的知識に基づき既知物体の概略の3次元形状を表わす3次元ジェネリックモデルを予め作成し、入力画像中の対象物体とそれに対応する3次元ジェネリックモデルの間で頂点等の対応付けを行うことにより、透視変換の関係を利用して、3次元ジェネリックモデルを修正し、対象物体を精密に表現する3次元モデルを得る。

再構成した3次元モデルに対し、指定された視点方向から定まる透視変換を施せば、該視点方向に対応する投影画像が得られる。

さらに、入力画像中の対象物体のテクスチャを抽出して、3次元モデルの表面にマッピングすることにより、陰影や模様を有する写実的な投影画像を得ることが出来る。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例を第1図～第13図を参照して説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

第1図は、本発明の3次元モデルの再構成方法および表示方法の一実施例を示すフローチャート

である。このフローチャートは、第2図に示す画像処理システム210により実行される。

まず、第1図の処理ブロック100では、第2図の画像入力装置202を用いて、プロセッサ200に画像入力を行う。

入力画像は、情景写真のような自然画像であってもよいし、また、コンピュータグラフィックス、スケッチ等の人工画像であってもよい。

入力画像の枚数は、異なる視点から対象物体を撮影あるいは描画した複数枚が好ましいが、3次元の情報が含まれておれば、1枚の画像であっても良い。

ここでは、第4図(a)、(b)に示すような2枚の画像300、301を入力するものとする。画像300は自動車を前方斜め上から写した写真であり、画像301は同じ自動車を側方や前上から写した写真である。

次に、第1図の処理ブロック101では、プロセッサ200が、入力画像中の対象物体に対応する3次元ジェネリックモデルを記憶装置201か

ように、1枚の入力画像300と、3次元ジェネリックモデルの投影画像304とを表示装置203に並べて表示する。操作者は、両者を比較し、座標入力装置205を用いて、対応点を直接指示する。例えば、第5図では、入力画像300の頂点305と、3次元ジェネリックモデルの投影画像304の頂点306とを対応点として指示する。そして、入力画像が複数枚のときは、各入力画像に対して頂点の対応付けを行う。

このため、操作者は、キーボード204から指示を与えて、他の入力画像を表示させたり、3次元ジェネリックモデルの投影画像の視点位置を変えることが出来るようになっている。

次に、第1図の処理ブロック102では、処理ブロック101での対応付け結果に基づいて、入力画像中の対象物体と整合するように3次元ジェネリックモデルを補正し、3次元インスタンスモデルを作成する。

例えば、入力画像300、301と対応づけされることにより、第3図に示す3次元ジェネリッ

から取り出し、両者の間で頂点の対応付けを行う。

ここで、3次元ジェネリックモデルとは、画像入力される可能性のある物体の一般的な概略形状を表わす3次元モデルであり、頂点間の接続関係、線分間の平行あるいは直交関係、形状対称性などに関する先験的知識に基づき構成され、予め記憶装置201に格納されている。例えば自動車の3次元ジェネリックモデルを第3図の302に示す。

記憶装置201に格納された多数の3次元ジェネリックモデルの中から入力画像中の対象物体に対応するものを取り出すのは、入力画像を画像処理して特徴を抽出し、その特徴を含むインデックス情報をもつ3次元ジェネリックモデルを取り出せばよい。あるいは、操作者がキーボード204から直接指定してもよい。

入力画像中の対象物体と、取り出した3次元ジェネリックモデルの間での頂点の対応付けは、上記と同様に特徴抽出により行なうことが出来るが、ここでは次のようにして行なう。

すなわち、プロセッサ200は、第5図に示す

クモデル302が補正されて、第6図に示す3次元インスタンスモデル307が作成される。3次元インスタンスモデルでは、対象物体の3次元座標値まで特定されたものとなる。

ここで、3次元インスタンスモデルの作成方法について、第7図、第8図、第9図を参照して説明する。

まず、第7図における3次元座標系とスクリーン(画像)座標系の関係を説明する。

3次元座標系X-Y-ZのX-Y平面上にスクリーン403を置き、Z軸上、スクリーン403の後方fの位置に視点400を置く。

3次元空間内のある点401の座標を(X, Y, Z)とすると、この点401のスクリーン403上への透視変換による投影の座標(x, y)は、次式により得られる。

$$x = \frac{f X}{f + Z} \quad \dots (1)$$

$$y = \frac{f Y}{f + Z} \quad \dots (2)$$

3次元インスタンスモデルの作成では、対象物体の画像中での頂点位置(x, y)が与えられたとき、その頂点の3次元座標(X, Y, Z)を計算することが必要となる。単一の頂点、単一の視点に対する関係式(1)、(2)からこの計算を行うことは困難であるが、頂点の数、視点の数が複数となった場合あるいは対象物体を構成する線分の平行性や直交性に関する先験的知識を用いることができる場合には計算が可能となる。

さて、第8図では、第1の視点407に対応する第1のスクリーン404があり、その第1のスクリーン404をX-Y平面とする第1の3次元座標系 $X_1-Y_1-Z_1$ がある。また、第2の視点408に対応する第2のスクリーン405があり、その第2のスクリーン405をX-Y平面とする第2の3次元座標系 $X_2-Y_2-Z_2$ がある。

第2の視点408、スクリーン405および3次元座標系 $X_2-Y_2-Z_2$ は、(X_{11}, Y_{11}, Z_{11}) = (0, 0, d)の点406を中心に X_1-Z_1 平面内で角度 θ だけ第1の視点407、スクリーン4

$$y_{11} = \frac{f Y_{11}}{f + Z_{11}} \quad \dots (10)$$

また、スクリーン405への透視変換は、次式により与えられる。

$$x_{11} = \frac{f X_{11}}{f + Z_{11}} \quad \dots (11)$$

$$y_{11} = \frac{f Y_{11}}{f + Z_{11}} \quad \dots (12)$$

ここで、

$$P_{11} = [X_{11} \ Y_{11} \ Z_{11}]^T$$

$$P_{21} = [X_{21} \ Y_{21} \ Z_{21}]^T$$

と置く。[...]^Tは転置行列である。 P_{11} は頂点 i の第1の3次元座標系における座標である。

P_{21} は第2の3次元座標系における座標である。

また、表記の都合上、

$$A_{11} = \begin{bmatrix} -f & 0 & x_{11} \\ 0 & -f & y_{11} \end{bmatrix} \quad \dots (13)$$

$$A_{21} = \begin{bmatrix} -f & 0 & x_{21} \\ 0 & -f & y_{21} \end{bmatrix} \quad \dots (14)$$

$$b_{11} = -f \begin{bmatrix} x_{11} \\ y_{11} \end{bmatrix} \quad \dots (15)$$

$$b_{21} = -f \begin{bmatrix} x_{21} \\ y_{21} \end{bmatrix} \quad \dots (16)$$

04および3次元座標系 $X_1-Y_1-Z_1$ を回転した関係にある。

すなわち、第1および第2の3次元座標系の間の関係は、次式で与えられる。

$$X_2 = X_1 \cos \theta + (Z_1 - d) \sin \theta \quad \dots (3)$$

$$Y_2 = Y_1 \quad \dots (4)$$

$$Z_2 = -X_1 \sin \theta + (Z_1 - d) \cos \theta + d \quad \dots (5)$$

従って、3次元空間内の任意の頂点 i の第1の3次元座標系における座標が(X_{11}, Y_{11}, Z_{11})であり、第2の3次元座標系における座標が(X_{21}, Y_{21}, Z_{21})であるとすると、次式が成立する。

$$X_{21} = X_{11} \cos \theta + (Z_{11} - d) \sin \theta \quad \dots (6)$$

$$Y_{21} = Y_{11} \quad \dots (7)$$

$$Z_{21} = -X_{11} \sin \theta + (Z_{11} - d) \cos \theta + d \quad \dots (8)$$

頂点 i のスクリーン404への透視変換は、次式で与えられる。

$$x_{11} = \frac{f X_{11}}{f + Z_{11}} \quad \dots (9)$$

$$y_{11} = \frac{f Y_{11}}{f + Z_{11}}$$

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad \dots (17)$$

$$d = \begin{bmatrix} -d \sin \theta \\ 0 \\ -d \cos \theta + d \end{bmatrix} \quad \dots (18)$$

と置く。

上記(6)~(12)式を整理すると、

$$A_{11} P_{11} = b_{11} \quad \dots (19)$$

$$A_{21} P_{21} = b_{21} \quad \dots (20)$$

$$P_{21} = R P_{11} + d \quad \dots (21)$$

となる。

さらに、表記の都合上、

$$A' = \begin{bmatrix} A_{11} \\ A_{21} R \end{bmatrix} \quad \dots (22)$$

$$b' = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} - A_{21} d \end{bmatrix} \quad \dots (23)$$

と置く。 A' は、スクリーン404、405における頂点 i の座標から定まる 4×3 のマトリクスである。 b' は、スクリーン404、405における頂点 i の座標と第1および第2の座標の関係から定まる 4×1 のマトリクスである。

(19)~(21)式から P_{ij} を消去して、さらに整理すると、次式を得る。

$$A' P_{ij} = b' \quad \dots (24)$$

この(24)式を用いて P_{ij} を求めることが、画像から3次元インスタンスモデルを再構成することである。

具体的方法は、次の3つの場合がある。

(i) 回転角 θ 、回転中心の座標 d が既知の場合

撮影条件や、対象物体の基準的な特徴量から、 θ 、 d が推定できる場合は、(22)式の A' 、(23)式の b' が求まる。このときは、(24)式により P_{ij} を独立に計算することが出来る。ただし、(24)式において、式の数の方が変数の数より多くなっているため、(24)式を厳密に満足する解はない。そこで、次の最小化問題を解くことが必要となる。

$$\text{Minimize } \|A' P_{ij} - b'\| \quad \dots (25)$$

この解は容易に求まり、次式で与えられる。

$$P_{ij} = [(A')^T A']^{-1} [(A')^T b'] \quad \dots (26)$$

を計算することが出来る。

(iii) 回転角 θ 、回転中心の座標 d が未知であるが、物体形状に関する先験的知識を用いることが出来る場合

先験的知識としては、対象物体の稜線（線分）の平行性、直交性あるいは対象物体の形状の対称性などがある。例えば、2つの線分 (P_{11}, P_{12}) と (P_{21}, P_{22}) の平行性、直交性は、それぞれ次式で表現することが出来る。

$$P_{21} - P_{11} = k(P_{12} - P_{11}) \quad \dots (29)$$

$$(P_{21} - P_{11})^T (P_{12} - P_{11}) = 0 \quad \dots (30)$$

このような先験的知識に基づく拘束条件をまとめて、

$$g(P_{11}, P_{12}, \dots, P_{22}, d, \theta) = 0 \quad \dots (31)$$

と表わすことにする。そこで、この(iii)の場合には、(31)式の制約を満たしながら、(27)式の残差の総和を最小化するように、 P_{11} 、 P_{12} 、 \dots 、 P_{22} 、 d 、 θ を決定すれば良い。

この最も一般的ケースについて、処理手順を第9図のフローチャートに示す。

この(26)式を用いれば、 P_{ij} が求まる。

(ii) 回転角 θ 、回転中心の座標 d が未知の場合

この場合は、(25)式に基づき、 θ 、 d も含めて計算する必要がある。このため、(25)式によって得られる残差を、全頂点に関し総和したものを、 θ 、 d の関数として表わす。

$$E = \sum_i \|A' P_{ij} - b'\|^2$$

$$= \sum_i \|A' [(A')^T A']^{-1} [(A')^T b'] - b'\|^2 \quad \dots (27)$$

E は d 、 θ の関数となるので、これを $E(d, \theta)$ と表わすことにする。ここで、 $E(d, \theta)$ を最小化するように d 、 θ の値を定めれば、残差の総和を最小化する d 、 θ の値が得られる。すなわち、次の最小化問題を解けば良い。

$$\text{Minimize } E(d, \theta) \quad \dots (28)$$

この計算には、最大勾配法、共役傾斜法等の良く知られた非線形最適化法を用いることが出来る。

求めた d 、 θ を(22)。(23)式に代入して A' 、 b' を計算した後、(24)式を用いれば、 P_{ij}

第9図の処理ブロック500では、対象物体の頂点の画像上での座標に基づいて、目的関数 $E(P_{ij}, \theta, d)$ を生成する。

第9図の処理ブロック501では、物体形状に関する先験的知識から、制約条件 $g(P_{ij}, \theta, d)$ を生成する。

第9図の処理ブロック502では、制約条件付きの最小化問題を解き、 P_{ij} 、 θ 、 d を決定する。最小化問題を解くためには、制約条件付きの最適化方法（例えば、ラグランジュ乗数法、ペナルティ法など）を使用することが出来る。

以上で、第1図の処理ブロック102における3次元インスタンスモデルの作成方法についての説明を終る。

さて、第1図の処理ブロック103では、第2図のキーボード204あるいは座標入力装置205を用いて、新たな視点方向 λ を入力する。

処理ブロック104では、上記のようにして作成した3次元インスタンスモデルに対し、視点角度 λ で透視変換を行い、投影画像を表示装置20

3に出力する。

この透視変換は、まず、(3)、(4)、(5)式の第1の3次元座標系 X_1, Y_1, Z_1 として3次元インスタンスモデルを記述する3次元座標系を用い、回転角度 θ として視点角度 λ を用いて、視点角度 λ における3次元座標系の座標を計算し、次に、得られた座標を(11)、(12)式に入れて、視点角度 λ におけるスクリーン上の座標を得るものである。

第1図の処理ブロック105では、表示された投影画像に対し、操作者が修正の必要の有無を判断する。

修正が必要な場合は、処理ブロック106で、修正指示を入力する。

修正指示は、例えば、第10図に示すように、3次元インスタンスモデルの投影画像600に対し、画像上での位置601にある頂点を位置602に変更するといった形で行う。

第1図の処理ブロック107では、前記修正指示にしたがって3次元インスタンスモデルの頂点の3次元座標を修正する。この修正は、以下のよ

うで、繰り返し行なう。

第1図の処理ブロック108では、作成した3次元インスタンスモデルに対し、入力画像から抽出したテクスチャ（模様、陰影など）をマッピングする。

例えば、第11図に概念的に示すように、3次元インスタンスモデル700の表面に、入力画像300、301（第4図）から抽出したテクスチャが張り付けられ、表面に模様や陰影を持った3次元モデル701が得られる。

以下では、第12図、第13図を参照してテクスチャマッピングの方法を説明する。なお、3次元インスタンスモデルの表面は一般に多角形で表現されるとしているが、第12図に示すように、多角形は三角形に分割可能なので、三角形に対するテクスチャマッピングの方法を示せば良い。

いま、第13図において、800、803が入力画像であり、811が入力画像800、803に基づいて得られた3次元インスタンスモデルである。この3次元インスタンスモデル811の表

面にして行なう。

すなわち、頂点の元の座標を (X, Y, Z) 、その修正量を $(\delta X, \delta Y, \delta Z)$ 、頂点の投影画像上での修正された座標を (x', y') とすると、(1)式（透視変換）から、

$$x' = \frac{f(X + \delta X)}{f + (Z + \delta Z)} \quad \dots (32)$$

$$y' = \frac{f(Y + \delta Y)}{f + (Z + \delta Z)} \quad \dots (33)$$

の関係がある。

ここで、頂点の元の座標 (X, Y, Z) 、頂点の投影画像上での修正された座標 (x', y') は既知であるから、(32)、(33)式の制約を満足しながら、修正量の2乗和 $J (= \delta X^2 + \delta Y^2 + \delta Z^2)$ を最小化するように計算すれば、各修正量 $\delta X, \delta Y, \delta Z$ が得られる。この最小化計算も、ラグランジュ乗数法などの方法を用いて容易に行うことが出来る。

第1図の処理ブロック103～107は、3次元インスタンスモデルの修正が必要でなくなるま

面の三角形806に対して、入力画像800の三角形801および入力画像803の三角形804のテクスチャを合成マッピングする場合を考える。

三角形806の中の任意の点807の座標 P は、三角形806の3頂点812、813、814の座標 P_1, P_2, P_3 を用いて、次のように表わせる。

$$P = a_1 P_1 + a_2 P_2 + (1 - a_1 - a_2) P_3 \quad \dots (34)$$

ここで、パラメータ a_1, a_2 を $[0, 1]$ の範囲で動かすことにより、 P は三角形806の中の全ての点を表わすことになる。

$P := [X_1, Y_1, Z_1]^T$ と置いて、(6)～(12)式の関係を用いると、3次元インスタンスモデル811の点807は、入力画像800中の点802および入力画像803中の点805に透視変換される。

テクスチャは、デジタル画像の場合は、画素に対して定められた輝度の集まりとして得られる。入力画像中の点802および805の輝度をそれぞれ Q_1, Q_2 とすると、3次元インスタンスモデ

ルの点807の輝度Qは、Q1とQ2の合成値として次式により計算することが出来る。

$$Q = (Q1 + Q2) / 2 \quad \dots (35)$$

あるいは、透視変換のときの各画像の角度を考慮した重み w_1 、 w_2 を用いて、

$$Q = w_1 Q1 + w_2 Q2 \quad \dots (36)$$

により計算することも出来る。

(34)式で α_1 、 α_2 をそれぞれ(0, 1)の範囲で離散化して動かし、各(α_1 、 α_2)の組に対し、(35)式あるいは(36)式を用いて、輝度Qを計算すると、第14図に示す三角形900の内部が輝度Qの値で充填された数表が得られる。そこで、例えば3次元インスタンスモデル811内の点807に対応する(α_1 、 α_2)が三角形900中の点901に対応するならば、その点901に、点807に対し計算された輝度値が書き込まれている。

このようにして、3次元インスタンスモデル811の表面の三角形806のテクスチャ(輝度値の分布)を表現することが出来る。従って、表面に模様や陰影を持った3次元モデルが再構成され

い。このようにして3次元モデルの三角形806中の全ての点(離散化された標本点)の輝度Qを、投影画像808中の三角形809の中にマッピングすることによって、テクスチャを有する投影画像が得られることになる。

第1図の処理ブロック111では、終了判定を行い、投影画像を再生成する要求があれば、前記処理ブロック109、110を繰り返す。

【発明の効果】

本発明の3次元モデルの再構成方法および表示方法によれば、情景画像のような自然画像やデザインスケッチのような人工画像から、その画像中の対象物体の3次元モデルを、模様や陰影等を表わすテクスチャまで含めて再構成し、任意視点から見たときの画像を表示できるようになる。

このため、自動車、ビル等の数枚の写真やスケッチがあれば、それらを立体的に且つ角度を変えて見る事が出来るようになるので、プレゼンテーションに極めて有用となる。

また、コンピュータグラフィックスによる場合

ることになる。

さて、第1図の処理ブロック109では、前記処理ブロック103と同様に、視点方向を入力する。すなわち、対象物体を見たい角度を指定する。

第1図の処理ブロック110では、前記再構成した3次元モデルに基づいて、指定された視点方向に対応する投影画像を生成し、表示装置203に表示する。

この投影画像におけるテクスチャの生成を、第13図を用い、三角形の場合について説明する。

3次元モデル811中の三角形806を、指定された視点方向に対し、(6)(7)(8)式および(9)(10)式を用いて透視変換し、三角形809を得る。808が、該視点方向での全体投影画像である。三角形806中の点807は、同様に、(6)(7)(8)式および(9)(10)式を用いて透視変換し、点810に移る。このとき、3次元モデル811中の点807の輝度Qは、第14図の(α_1 、 α_2)の数表から求めることが出来るので、それを投影画像808中の点810の輝度Qとして割り当てれば良

に必要だった3次元モデルのデータ入力の大変な手間が、格段に軽減される効果がある。

また、3次元モデルの再構成に3次元ジェネリックモデル等の先験的知識を用いているので、計算が比較的容易になると共に、常識と矛盾した3次元モデルを構築してしまうことを防止できるようになる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の3次元モデルの再構成方法および表示方法の一実施例の作動のフローチャート、第2図は本発明を実施する画像処理システムのブロック図、第3図は3次元ジェネリックモデルの一例の概念図、第4図(a)(b)は入力された画像の例示図、第5図は頂点对応づけ時の表示画面の例示図、第6図は3次元インスタンスモデルの例示図、第7図は透視変換の原理説明図、第8図は異なる視点における座標の説明図、第9図は入力情報から3次元インスタンスモデルを生成する作動のフローチャート、第10図は3次元インスタンスモデルの修正時の画面の例示図、第11図は

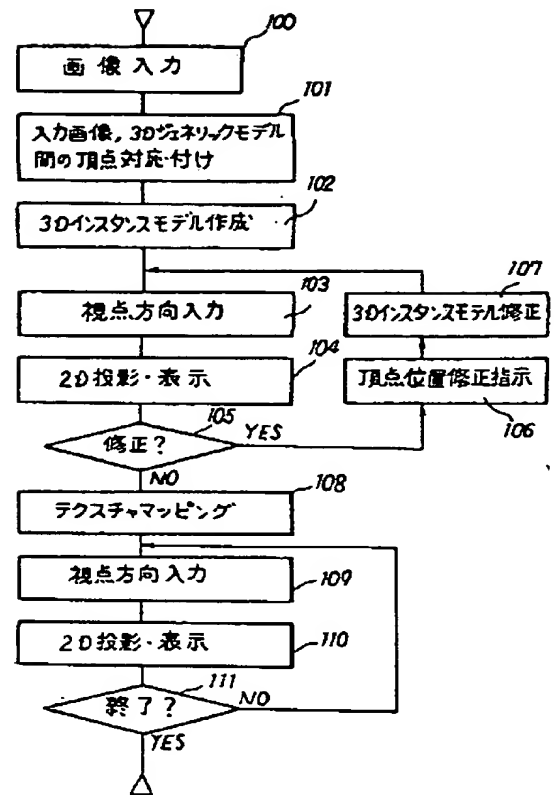
テクスチャマッピングの概念説明図、第12図は多角形の3角形による分割の説明図、第13図はテクスチャマッピングの具体例説明図、第14図は輝度値の散表の概念図である。

(符号の説明)

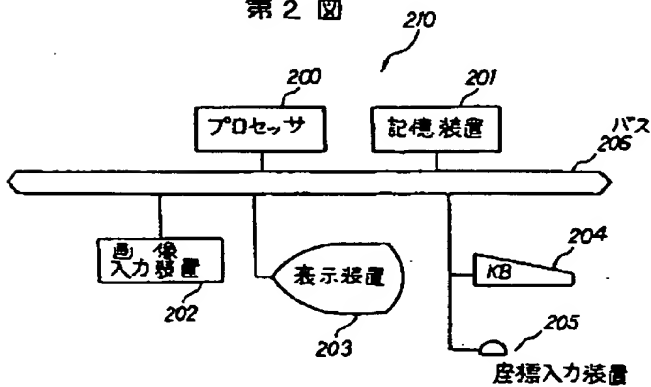
- 210…画像処理システム
- 200…プロセッサ
- 202…画像入力装置
- 203…表示装置
- 204…キーボード
- 205…座標入力装置
- 300, 301, 800, 803…入力画像
- 302…3次元ジェネリックモデル
- 307…3次元インスタンスモデル
- 701, 811…3次元モデル。

出願人 株式会社 日立製作所
代理人 弁理士 有近 紳志郎

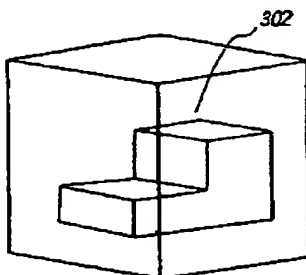
第1図



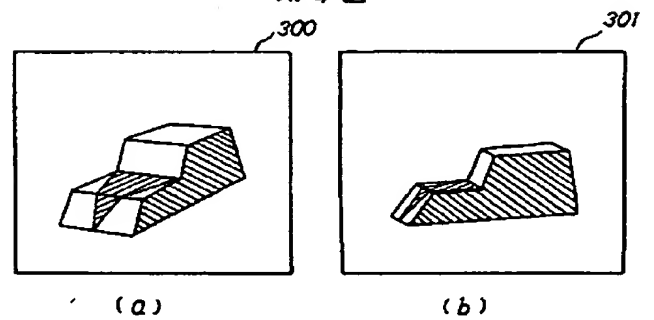
第2図



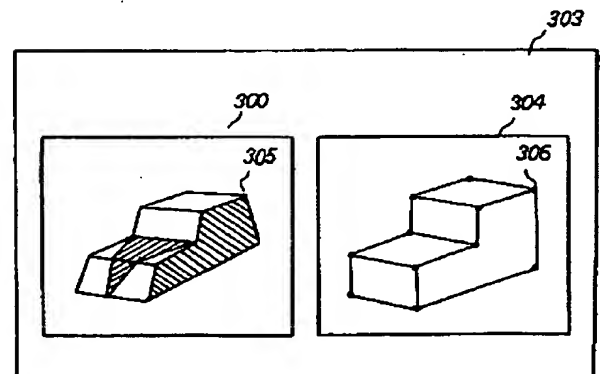
第3図



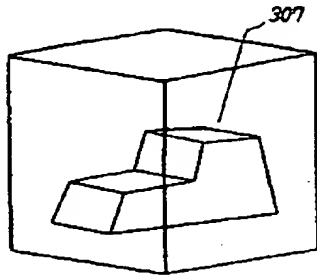
第4図



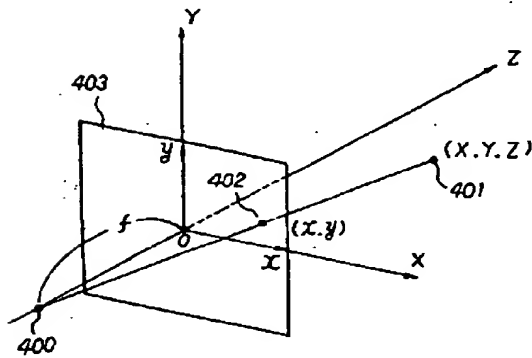
第5図



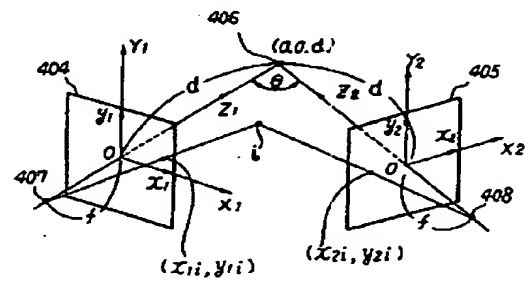
第6図



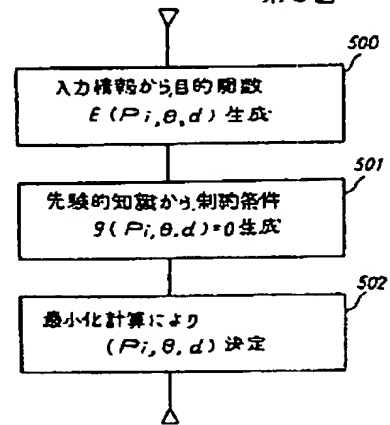
第7図



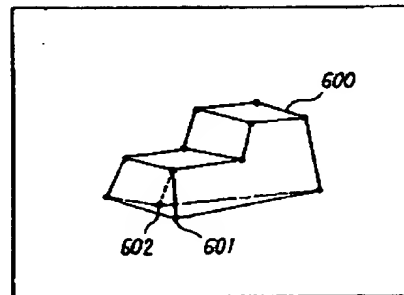
第8図



第9図



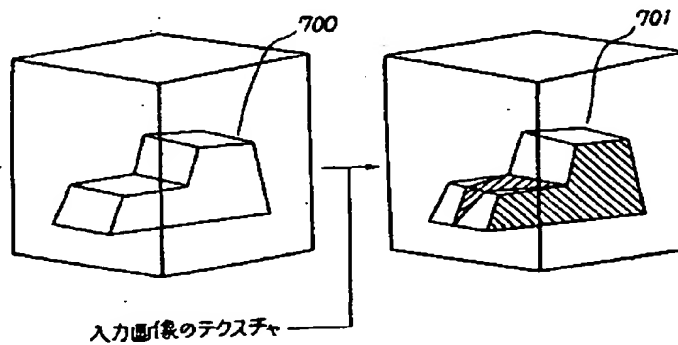
第10図



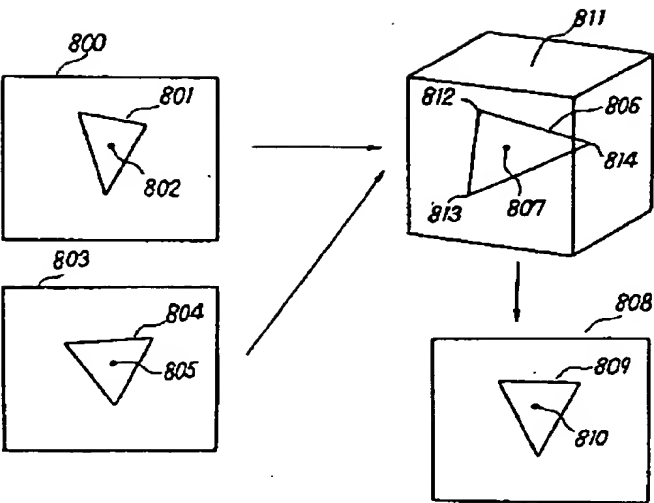
第12図



第11図



第 13 図



第 14 図

